

Review

DOI: 10.2478/10004-1254-61-2010-1995

# TOKSIKOLOŠKE POSLJEDICE ORUŽJA ZA MASOVNO UNIŠTAVANJE I NOKSA U SUVREMENOM RATOVANJU I TERORIZMU

Ante VUČEMILOVIĆ

*Ministarstvo obrane Republike Hrvatske, Institut za istraživanje i razvoj obrambenih sustava, Zagreb, Hrvatska*

Primljeno u kolovozu 2009.

Prihvaćeno u siječnju 2010.

Oružja za masovno uništavanje najbolji su primjer uporabe civilizacijskih tehnoloških dostignuća u štetne svrhe i protiv ljudske civilizacije. Unatoč nastojanjima oko kontrole i smanjenja njihove količine, rizik zbog samoga postojanja pa čak i širenja zahtijeva da se o njihovoj uporabi i dalje vodi računa i da se povećaju obrambene mjere – nuklearno-biološko-kemijske obrane (NBKO).

Osim suvremenog vojnika koji je u vojnim i mirovnim operacijama diljem svijeta izložen raznim noksama kemijskog, biološkog i radiološkog podrijetla, nezaštićeno i uglavnom slabo educirano civilno stanovništvo može biti izloženo terorističkim napadima.

Oružja za masovno uništavanje i nokse kemijskog, biološkog i radiološkog podrijetla uzrokuju razne toksikološke posljedice, a bez obzira na njihovo podrijetlo, imaju zajednički nazivnik djelovanja – poremećaj fiziološkog stanja u organizmu. Poremećaji proizašli nakon izlaganja tim noksama nerijetko se teško determiniraju, dijagnosticiraju i liječe.

U ovome su radu s biomedicinskog aspekta obrađene važnije nokse kemijskog, biološkog i radiološkog podrijetla na temelju odabranih primjera iz terorizma i suvremenog ratovanja: polonij-210, osiromašeni uran, salmonela, bedrenica (antraks), genetički modificirane bakterije, polimerno predivo “paučina” i bojni otrovi sarin i iperit.

**KLJUČNE RIJEČI:** *bedrenica, bojni otrovi, genetski modificirane bakterije, iperit, nuklearno-biološko-kemijska obrana, osiromašeni uran, polimerno predivo “paučina”, polonij-210, salmonela, sarin, vojne operacije*

Unatoč nastojanjima oko kontrole i smanjenja količine oružja za masovno uništavanje, rizik zbog njegova daljnjeg postojanja pa čak i širenja zahtijeva da se o njegovoj uporabi i dalje vodi računa te da se povećaju obrambene mjere – nuklearno-biološko-kemijske obrane (NBKO) (1-4).

Oružja za masovno uništavanje prisutna su kroz cijelu povijest ljudske civilizacije. Od prastarih vremena kada su se protivnicima bacala trupla u bunare s pitkom vodom, do početka 20. stoljeća uglavnom su se rabila različita priručna sredstva u svrhu trovanja ili izazivanja zaraze.

Razvoj oružja za masovno uništavanje u današnjem obliku i ustrojstvu počinje tek u 20. stoljeću usporedo s naglim razvojem kemije, biologije i fizike (5-9).

Danas postoji oko 45.000 tona kemijskog oružja deklariranog od Organizacije za zabranu kemijskog oružja (OPCW) za neškodljivo uništenje (10), a velik su ekološki problem i stotine tisuća tona kemijskog streljiva na dnu mora i oceana koje korodira, a izbacivano je s brodova ponajviše nakon II. svjetskog rata (11).

Osim oružja za masovno uništavanje, opasnost su i ostale nokse: biološki agensi, kemijski elementi

i/ili spojevi (toksini) koji se mogu iskoristiti u terorističke svrhe na civilnom stanovništvu. Kritične točke terorističkog napada obično su velike zgrade ili građevine s ventilacijskim sustavima, pothodnici, prolazi, dvorane i skladišta te sami pojedinci (4, 6, 12-16).

Uz to, napredak tehnologije i tehnološki razvoj, kao i štetno antropogeno djelovanje povećavaju mogućnost da suvremeni vojnik u vojnim operacijama diljem svijeta naiđe na opasne biološke, radiološke i kemijske nokse. Većina ih se pripisuje štetnom antropogenom djelovanju, primjerice napuštene kemijske tvornice ili napuštena vojna skladišta, namjerno nezbrinuti ili rasuti opasni materijali, kontaminirano tlo i zrak itd. (1, 14, 17-19).

Stresno stanje i psihičke posljedice proizašli iz uporabe oružja za masovno uništavanje mnogo su izraženiji u terorizmu nego u ratovanju (borbi), i to iz najmanje dva razloga: 1. u terorističkom je činu faktor iznenađenja mnogo izraženiji nego u borbenoj situaciji i 2. teroristički napadi uglavnom se događaju ili su usmjereni na civilne ili nestručne osobe koje ne mogu prepoznati prisutnost radiološko-biološko-kemijske (RBK) kontaminacije, ne mogu se zaštititi, pružiti pomoć ili se dekontaminirati zbog neznanja ili nedostatka zaštitnih sredstava (4, 20).

Najčešći način djelovanja oružja za masovno uništavanje je zračna kontaminacija i unos agensa u organizam udisanjem (inhalacijom) pa se smatra da zaštitna maska kao sredstvo čini 80 % osobne RBK-zaštite vojnika (1, 2, 16, 18, 19).

U načelu, oružje za masovno uništavanje sastavljeno je od agensa i sredstva za prijenos (1, 9, 16, 18, 21-23). U agense se ubrajaju: bojni otrovi, biološki i toksinski agensi, nuklearno oružje, radiološki agensi (1, 18, 21). Sredstva i metode za njihov prijenos i rasprostranjivanje ili tzv. *delivery* sustavi mogu biti ustrojstveni (granate, rakete, bombe) i priručni, ali i proizvod vrhunske tehnologije, kao npr.: aerosolizacija mikrokapsuliranjem, nano-čestice kao nosači, polimerna prediva, sustavi za raspršivanje pod tlakom (9, 16, 22, 23).

Sredstva za prijenos i rasprostranjivanje agenasa i otrova pružaju mogućnost njihova prostornog djelovanja (16, 23).

Kako je posljedica djelovanja oružja za masovno uništavanje i ostalih noksa koje se pojavljuju u terorizmu i vojnim operacijama narušeno fiziološko stanje, u ovom članku te su pojave obrađene na temelju odabranih primjera s biomedicinskog aspekta, a u razmatranje je uzeto razdoblje od II. svjetskog rata do danas (1-90).

## RADIOLOŠKE NOKSE

Radiološke su nokse izvori različitih zračenja, kakva se primjerice mogu pojaviti prilikom eksplozije nuklearne bombe. U terorizmu su slabo zastupljene, ali se na primjeru trovanja ruskog dužnosnika Litvinenka polonijem-210 može utvrditi da su tehnički izvedive. Tragovi polonija pronađeni su u njegovu stanu, uredu, hotelu i još u dva zrakoplova, ali je on bio jedina žrtva (sa smrtnim ishodom) zbog unosa agensa u organizam (24).

Polonij-210 emitira alfa-zračenje koje je u osnovi vrlo kratkog doseg, a ne prolazi čak ni kroz papir. Ono se teško ili gotovo nikako ne može detektirati pri kontroli na graničnim prijelazima ili u zračnim lukama pa s takvim svojstvima može biti zanimljivo za teroriste. Iako sam agens ne prolazi kroz kožu, nakon inhalacije ili ingestije polonij-210 veoma se brzo širi u organizmu i tada mu je letalna doza svega nekoliko miligrama. Sve te značajke pokazao je i u slučaju trovanja ruskog dužnosnika (24, 25).

Osiromašeni uran također je jedna od radioloških noksa. U suvremenom ratovanju prisutan je od I. zaljevskog rata (1991) kada su se prvi put rabili oklopi oklopnih vozila i penetracijske igle protuoklopnih streljiva velikog kalibra (Tomahawk) izrađeni od legura s osiromašenim uranom (18, 26). Osiromašenim uranom djelovalo se i u vojnim operacijama na Kosovu 1999. godine (18).

Legura s osiromašenim uranom materijal je visoke gustoće ( $19 \text{ g cm}^{-3}$ ) koji obično sadržava osiromašeni uran, titan, molibden, cirkonij i niobij. To je najčvršća legura proizvedena do sada. Njegova radioaktivna štetnost na organizam prilikom boravka u blizini ovakvih legura nije dokazana, ali neke studije upućuju na njegovu moguću toksičnost u slučaju eksplozije i razaranja oklopa ili streljiva izrađenih od te legure. Tada su čestice te legure (i urana) prisutne u zraku i mogu kontaminirati organizam preko dišnih putova kod vojnika izloženih bez zaštitne maske (26, 27).

Mogući toksikološki mehanizam djelovanja urana je sljedeći: čestice urana prolaskom kroz pluća dospijevaju u alveole, gdje ih makrofagi "prepoznaju" kao strano tijelo, "pojedu" i odnose u lokalna tkiva i organe. Posljedica toga su lokalne upale, razvija se imunodeficijencija i na kraju tumor parenhima pluća. Čak i vrlo male količine urana (nekoliko miligrama) unesene na taj način u organizam emitiraju doze zračenja koje mogu imati štetne posljedice. I rezultati provedenih istraživanja upućuju da se oko 25 % radioaktivnih čestica odlaže u bronhima, 25 % se

izdahne, dok se oko 50 % premjesti u grkljan i dušnik, što pak može biti preduvjet i za gastrointestinalnu intoksikaciju. Osiromašeni uran ponajprije je toksičan za bubrege te općenito za metaboličke putove, upravo zbog gore opisanoga specifičnog ulaska u organizam. U žrtava udahnutog urana mogu nastati i oštećenja genskog materijala, pa stoga posljedično i njihovu potomstvu prijete genske pogreške i teške nasljedne bolesti (26, 27).

## BIOLOŠKE NOKSE

Biološki rat nije bio prisutan u novijoj povijesti kao otvoreni ratni napad, ali bioterorizam i biološki akcidenti jesu. Biološki agensi podijeljeni su na dva entiteta: živi mikroorganizmi i toksini (produkti njihove ekskrecije). Izuzetno zanimljivi za teroriste i u vojne svrhe jesu patogeni koji mogu doći u organizam inhalacijom, ingestijom ili preko kože (16, 28-31).

U literaturi se navode potencijalni biološki ratni agensi iz rodova: *Bacillus*, *Salmonella*, *Shigella* i *Brucella* te bakterije: *Francisella tularensis*, *Vibrio cholerae*, *Corynebacterium diphtheriae* itd. (2, 23). Ipak, najčešće spominjani biološki ratni i teroristički agens je *Bacillus anthracis* (uzročnik bedrenice ili crnog prišta), zbog mogućnosti zaraze preko kože, ingestijom i inhalacijom. Uzročnik bedrenice ima sva svojstva koja ga svrstavaju u red bioloških ratnih agenasa: sporulira, ima toksine koje kodiraju geni na plazmidima, rezistentan je na većinu antibiotika itd. Zbog kratkog vremena inkubacije (1 do 2 dana) i rezistencije na antibiotike, bedrenica je izrazito nepovoljna za ishod liječenja. Spore *B. anthracis* izuzetno su otporne na fizikalno-kemijske utjecaje iz okoliša. To potvrđuje i dugogodišnja kontaminacija tla otoka britanskog otočja Gruinard na kojem su provedeni eksperimenti s ovom bakterijom za vrijeme II. svjetskog rata (13, 23, 32, 33).

Primjer bioterorističkog akta su događaji u SAD-u vezani za napade tzv. antraksnim pismima sa sporama antraksa u kojima je život izgubilo 5 ljudi, a utvrđeno je da je ta bakterija bila genetički modificirana (7, 32, 34, 35-37). Spore antraksa su zbog svojih svojstava prikladne za takav način dostave i širenja te unos u organizam inhalacijom. U literaturi se spominju podaci da je dovoljno već 5000 spora kako bi se izazvala bolest (23).

Za primjer biološke kontaminacije područja može se navesti biološki akcident koji se dogodio u Sverdlovsku godine 1979. kada je iz vojnog instituta,

navodno slučajno, ispušten genetički modificirani *Bacillus anthracis* (oko 10 kg u obliku spora). Posljedice su bile: 78 umrlih, uginula i oboljela stoka, kontaminacija okoliša u promjeru od oko 10 km, a dezinfekcija i dekontaminacija bile su većinom neučinkovite (38, 39).

S druge strane, bioteroristički akt se može izvesti i unosom hrane u organizam. Tako je 1984. u Dallasu (SAD) jedna religijska skupina zarazila hranu u 10-ak restorana *Salmonellom typhimurium*. Bakterijsku su kulturu proizveli u kućnoj radinosti uz pomoć hladnjaka, inkubatora i nešto laboratorijskog posuđa te je uporabili poprskavši hranu u restoranima. Rezultat je 751 osoba zaražena vrstom *S. typhimurium* s klinički manifestnim gastroenteritisom, a smrtnih slučajeva nije bilo (40). Tek se naknadnim kriminalističkim istraživanjima pronašla veza između zaraze i namjerne distribucije bakterija, kada je u terorističkoj skupini i u oboljelih pronađen isti soj uzročnika salmonele. Ovo je primjer kako se u svrhe bioterorističkog akta mogu uporabiti različiti mikroorganizmi, pa i ako nisu smrtonosni, jer je cilj takvog napada i psihološko djelovanje koje raste i zbog vremena inkubacije (3, 19, 20).

Općenito, za potrebe terorizma ili ratovanja neka je svojstva bakterija, primjerice rezistenciju na antibiotike, antigenske promjene koje mogu prouzročiti pogreške u dijagnozi i otežanu terapiju te poboljšanu produkciju (dijeljenje), moguće dobiti manipulacijom genima, a postupci su uvelike olakšani ako su geni tih svojstava smješteni na vektorima - plazmidima - npr. geni za rezistenciju na antibiotike i geni za produkciju toksina (23, 41-43).

Najčešće spominjani toksini kao potencijalni teroristički ili ratni agensi su: stafilokokni enterotoksin B, ricin, botulin toksin i mikotoksin T2 (23). Danas se tehnologijom rekombinantne DNA toksini mogu dobiti iz organizama koji ih prirodno ne sintetiziraju (16, 43). Bakterije koje sintetiziraju izvanstanične proteine s toksičnim učinkom (toksine) genskom se manipulacijom mogu izmijeniti tako da povećaju proizvodnju tih toksina (43). Osim toga, bakterije se mogu genetički modificirati i potaknuti na stvaranje toksina koje inače produciraju neke životinje, primjerice zmije. U te se svrhe geni za otrov unose u bakteriju, a put za dobivanje takvih bakterija u osnovi je isti kao i onaj primijenjen u proizvodnji humanog inzulina. Ukratko, gen za otrov izolira se iz genoma zmije, ugradi u DNA-vektor - plazmid i njime prenese u bakteriju (*E. coli*) te potakne promotorom na ekspresiju i time na produkciju proteina (otrova).

Izolacija soja bakterija koji producira zmijski otrov obavi se na selektivnoj podlozi za rezistenciju na onaj antibiotik koji je sadržan u plazmidu kao obilježivač (marker) (44). Oblikovanje bakterijskog genetskog materijala olakšava i činjenica da bakterijska DNA nema introna (42, 45).

Mogućnosti za oblikovanje neke bezazlene humane bakterije u patogenu danas su bezbrojne zahvaljujući metodama molekularne biologije, pa su popisi patogenih mikroorganizama stvar prošlosti. Danas se identifikacija bioloških oružja (agensa) zasniva na metodama s pomoću kojih se može odrediti karakterističan slijed trinukleotida za određeno svojstvo koje mikroorganizam čini biološkom noksom. Ti karakteristični tripleti (npr. TAT, GGG) sljedovi su koji imaju važnu ulogu u kodiranju svojstava bioloških noksa (46-48).

U osnovi, za svrhe njihove detekcije i identifikacije primjenjuju se metode genomike te računalni programi i on-line baze s podacima DNA-odsječaka potencijalnih bioloških noksa (49-53).

U posljednjih nekoliko godina kao "zlatni standard" za ovakva istraživanja izvrsno je poslužio jedan odsječak bakterijske genomske DNA, a to je gen za 16S ribosomsku RNA (rRNA) na osnovi kojeg se danas određuju filogenetski odnosi između pojedinih (mikro)organizama. Odsječak 16S rRNA nalazi se u svim živim organizmima i vjerojatno je jedan od najbolje "sačuvanih" – visokokonzerviranih odsječaka DNA tijekom evolucije. Kod bakterija on iznosi uglavnom do 1600 parova baza (bp)(54).

Nove informacije i rezultati dobiveni ovom metodom poslužili su za preimenovanje bakterijskih vrsta i u kratkom je vremenu napravljena reorganizacija odnosa i položaja bakterijskih vrsta unutar pojedinih porodica i između njih (55, 56). U te svrhe upotrebljava se i za identifikaciju bakterija u civilnom sektoru i za obrambene – vojne svrhe (53, 57-61).

U toksine se ubrajaju i tzv. bioregulatori. To su proteini srodni nekim enzimima ili koenzimima u organizmu koji sudjeluju u biokemijskim ciklusima, a mogu narušiti fiziološko stanje organizma jer oponašaju njihove učinke iz kojih nastaju određeni simptomi: bol, pospanost i poremećaji u krvnom tlaku. Kad je terorizam u pitanju, oni nisu pogodni za kontaminaciju većih prostora kao što to mogu biti virusi ili bakterije zbog svoje kemijske nestabilnosti (proteinski spojevi), ali zato mogu biti upotrijebljeni protiv pojedinaca (2, 3, 16, 62).

Virusi su u novijoj povijesti samo razmatrani kao pogodni agensi za terorizam, ali nema čvrstih

podataka o njihovoj uporabi u te svrhe. Oni su po vojnim procjenama pogodni za zračnu kontaminaciju, ali iziskuju veću razinu RBK zaštite za teroriste te imaju nepredvidiv učinak što ih svrstava u manje zanimljive agense za terorizam. Najčešće spominjane virusne bolesti u vojnoj literaturi su: velike boginje, denga hemoragijska groznica, ebolska hemoragijska groznica, marburška hemoragijska groznica i gripa (23, 63, 64).

Na prostorima Republike Hrvatske za vrijeme Domovinskog rata susreli smo se s fenomenom u području bioterorizma - polimernim predivom ili tzv. paučinom. Tvar su ispuštali, prema izjavama očevidaca, neprijateljski zrakoplovi, a na tlo je prispijevala u vlaknastoj formi. U novinskim, stručno-znanstvenim i drugim izvješćima dodijeljena su joj različita imena kao "paučinasta materija", "umjetna paučina", "paučinasta tvar", "hrvatska paučina" (engl. *Croatian Cobweb*) u kojima je svima zajednička riječ "paučina" (65, 66).

Rezultati analiziranih uzoraka "paučine" potvrdili su da nije bila biološki kontaminirana izuzevši statistički neznatan broj bakterija i plijesni koje su bile slučajna zračna kontaminacija prilikom padanja "paučine" iz zrakoplova. Izuzetak su ipak bile paučine s lokaliteta Grubišno Polje i Zagreb - Jarun. Istraživanja su pokazala da su te "paučine" kompleksni biološko-sintetički sustav sastavljen od tri komponente: najlona, želatinozne tvari (mješavina polisaharida i proteina) i mikroorganizama smještenih u samoj unutrašnjosti polimernih vlakana. Svjetlosnom i elektronskom mikroskopijom paučinastih vlakana utvrđena je njihova debljina koja se kreće od 0,5 µm do 10 µm (22, 60, 66-68).

Bakterije pronađene u tim uzorcima identificirane su metodom odsječaka 16S rRNA i rezultati sekvenciranja su pokazali da su to *Bacillus megaterium* (najbliži soju MPF 90) i *Bacillus cereus* (najbliži soju G8639), obje rezistentne na sintetske antibiotike i bez plazmida (22, 60).

Polimerno predivo zbog svojih je svojstava okarakterizirano kao vojno-taktički borbeni sustav koji može poslužiti kao nosač raznih patogenih mikroorganizama ili bojnih otrova (22, 60, 67).

## KEMIJSKE NOKSE

Najopasnije kemijske nokse su bojni otrovi. To su sintetičke kemikalije koje imaju izravan toksični učinak na organizam, a definirane su popisom u Konvenciji o



zabrani razvijanja, proizvodnje, gomilanja i korištenja kemijskog oružja i o njegovu uništenju koju je RH prihvatila Zakonom o potvrđivanju i potpisala obveze (69).

Najčešće spominjani bojni otrov je živčani bojni otrov sarin (GB, izopropilmetilfosfonofluoridat) čija je  $LD_{50}$  oralno  $0,28 \text{ mg kg}^{-1}$ , a preko očiju  $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ .  $LD_{50}$  perkutano je  $28 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $LD_{50}$  inhalacijom  $70 \text{ mg m}^{-3}$ , a smrtonosna doza inhalacijom djeluje već nakon 2 minute (23, 43, 70).

U terorističke svrhe sarin je upotrijebljen u Japanu 1995. god., u tokijskoj podzemnoj željeznici, kad ga je teroristička sekta donijela uz pomoć priručnih sredstava (tetrapak - ambalaže za napitke i hranu) te je vrhovima (oštricama) kišobrana oslobodila njegovo ispuštanje (hlađenje) u prostor podzemne željeznice. Kako sarin hlapi podjednako brzinom kao i voda, a dnevna temperatura zraka je taj dan bila relativno visoka, veoma je brzo došao u atmosferu. To je klasičan primjer terorističke primjene bojnog otrova iz kućne radinosti koji je imao za posljedicu 5500 otrovanih od kojih je 11 umrlo (71-73).

Do prije 15-ak godina smatralo se da živčani bojni otrovi djeluju na organizam uglavnom akutno, i to inhibirajući enzime živčanog sustava, ponajprije acetilkolinesteraze, dok niske primljene doze ne ostavljaju (vidljive) posljedice na organizam. Međutim, to nije potpuno točno jer postoje i biokemijski mehanizmi koji izazivaju poremećaje u fiziološkim procesima, a u prvom redu su to učinci na važne prijenosnike, primjerice gama-aminomaslačnu kiselinu, katekolamine te inhibiciju 20-ak enzima fizioloških procesa u stanici (sukcinat dehidrogenaza, natrij-kalij ATP-aza i dr.), poremećaj u koncentraciji adenokortikotropnih hormona, a time i svih procesa ovisnih o tim hormonima (posebice u živčanom, reproduktivnom i imunosnom sustavu) te oštećenja proizvodnje jetrenih enzima i rak jetre (43, 70).

U slučaju terorističkog napada u tokijskoj podzemnoj željeznici naknadnim je analizama utvrđeno da iako je sarin bio vrlo niske kemijske čistoće, velik broj unesrećenih doživio je akutni stresni sindrom. Trovanje živčanim bojnim otrovima i akutni stresni sindrom imaju vrlo slične simptome (hladan znoj, isprekidano disanje, pojačano aritmičko lupanje srca, drhtanje i grčenje mišića, smanjena svijest itd.). Istraživanja na molekularnoj razini potvrdila su da se u stanju jakog akutnog stresa u organizmu trenutačno inhibira acetilkolinesteraza i poremeti koncentracija adenokortikotropnih hormona u krvi, što itekako može napraviti veliku zbrku u zbrinjavanju unesrećenih i medicinskom tretmanu (71, 74).

Kožni bojni otrovi, poglavito sumporni iperit [HD, di-(2-kloretil)sulfid], upotrijebljeni su u osmogodišnjem iračko-iranskom ratu (80-ih godina prošlog stoljeća) u kojem je 100.000 vojnika i civila zatražilo medicinsku pomoć, a bilo je oko 45.000 žrtava trovanja sa smrtnim ishodom. Danas se procjenjuje da oko 34.000 žrtava još pati od posljedica trovanja, ponajviše na plućima, koži i očima (75).

Iperit je agresivan agens i djeluje razorno na sva tkiva i na većinu tehničkih materijala. Osim toga je i alkilirajući agens sličan lijekovima koji se rabe u kemoterapiji za liječenje raka, primjerice ciklofosfamid i cis-platina. Kako je DNA jedna od bioloških makromolekula najosjetljivijih na djelovanje alkilirajućih agensa, kancerogeni učinci ovih otrova su očekivani. Iako je mehanizam reakcije između baza u molekuli DNA i otrova dobro proučen i zasniva se na reakciji s nukleofilnim skupinama, pri čemu se na njih dodaju alkilne skupine, mehanizam nastanka raka još nije do kraja razjašnjen (23, 43, 70).

Kožni bojni otrovi također su pogodni za teroristički napad, ali ne kao živčani jer su im pare 5 puta teže od para vode, tako da je potreban sustav za raspršivanje ili pomoć sustava za ventilaciju. Nadalje, oni sporije djeluju i imaju veću  $LD_{50}$  od živčanih (9, 14, 23, 70). Njihova je dekontaminacija velik izazov za znanstvenike koji se bave proučavanjem tih kemijskih reakcija, jer su to jako agresivne kemikalije (76, 77).

Onesposobljavajući bojni otrovi također mogu imati snažan učinak u terorističkom napadu. Primjerice, CS (O-klorbenzidenmalononitril), spoj koji se rabi u obuci NBK postrojbi i u policijskim aktivnostima (*Riot Control*) primjerice rastjerivanju demonstranata, jer samo s nekoliko čestica praha kod neupućene osobe može izazvati veliku paniku i stres (43, 70). Vojnici koji prolaze kroz NBK obuku naviknuti su na njegov miris (i okus), pa kod njih stres nije prisutan, što pridonosi racionalnom razmišljanju i izvršavanju vojnih (ratnih) zadaća (43).

U bojne otrove ubrajaju se i psihokemijska sredstva - droge, primjerice dietilamid-lizerginska kiselina (LSD), koji se iz taktičkih razloga ubrajaju u psihokemijske bojne otrove, jer poremećaj u svijesti, orijentaciji i halucinacije mogu prouzročiti ozbiljne posljedice za postrojbu (tzv. bratoubilačku vatru) (43, 70).

Osim bojnih otrova, velik broj industrijskih kemikalija može se iskoristiti u namjernim akcidentima ili terorizmu, primjerice klor i pesticidi (dio kojih su organofosforni spojevi, kao i živčani bojni otrovi),

razne polimerne čestice, čestice promjera manjeg od 10 mikrometara itd.

Kemijski terorizam je kao i radiološki i bioterorizam također sofisticiran i zahtjevan – na sreću. Najveći su problem za teroriste proizvodnja ili nabava dostatne količine otrova za teroristički napad, nedostatak instrumentarija i prethodnika za proizvodnju bojnih otrova te na kraju nedostatak osobnih zaštitnih sredstava (4, 9, 12, 14).

Prisutnost noksa kemijskog, biološkog i radiološkog podrijetla najviše je do sada došla do izražaja u Zaljevskom ratu (1992. god.) gdje je od njih stradalo mnogo više vojnika nego od konvencionalnog (klasičnog) oružja. Drži se da je najviše vojnika stradalo od plinova oslobođenih iz bombardiranih i zapaljenih rafinerija nafte, industrijskih postrojenja za dobivanje pesticida i bojnih otrova te od osiromašenog urana (možda) iz legura streljiva i oklopa (78-82).

Iako postoje mnogobrojne spekulacije, a nedostaju znanstveno provjereni podaci, činjenica je da prevelik broj ratnih veterana ima zdravstvene probleme kronične prirode (81, 82). Zdravstveni problemi veterana Zaljevskog rata odnose se na živčani, mišićni, imunosni, endokrinološki i koštani sustav (62). Postoje podaci o neurološkim (neuropatija) i psihološkim smetnjama (nesanica, depresija) (83). Osim toga, utvrđeni su i problemi s rasuđivanjem, mišljenjem i ravnotežom te glavobolja i promjene u imunosnom odgovoru (81, 84), kožni osip, kronična dijareja, bol u mišićima i kostima, ali i poremećaji u sustavu za razmnožavanje (80, 81). "Vanjske" nokse kojima su bili izloženi veterani jesu: dim iz zapaljenih naftnih postrojenja, insekticidi (organofosfati koji imaju slično djelovanje kao i živčani bojni otrovi) i bojni otrovi (možda) oslobođeni prilikom bombardiranja postrojenja za njihovu proizvodnju, nedovoljno ispitana cjepiva te medicinska sredstva za predtremu i antidotnu terapiju od živčanih bojnih otrova (80-83,85). Kao "unutarnja" noksa navodi se akutno i kronično stresno stanje (74).

Postoji mogućnost da je zaštitni predtretman, koji su vojnici imali, uzrokovao nuspojave. Naime, piridostigmin-bromid, spoj koji se uzimao kao preventivna zaštita od živčanih bojnih otrova (a ima određen toksični učinak na živčani sustav) te kombinacija cjepiva protiv antraksa i toksina botulina (cjepivo čije se djelovanje temeljilo na preliminarnim istraživanjima) mogli su prouzročiti kronične zdravstvene probleme (80, 81)

Uzroci tog sindroma istraženi su na 3000 veterana Zaljevskog rata (od njih 50.000) te su uspoređeni s

3000 vojnika koji nisu bili u tom ratu. Pokazano je da je u veterana prisutna zdravstvena problematika, ali nije nađena veza (zbog manjka podataka o izloženosti) između zdravstvenih problema i vrste nokse kojoj su bili izloženi (organofosfati, pesticidi, dim iz zapaljenih naftnih rafinerija!?) (85).

Moguće je da su po navedenim simptomima zdravstveni problemi nastali od svih navedenih "vanjskih" noksa, stresa i zaštitnog predtretmana pojedinačno, kao i zbog raznih kombinacija ovih noksa (79, 80, 81, 84).

Osim toga, za vrijeme I. zaljevskog rata u Izraelu su se pojedinci u strahu od kemijskog napada predozirali piridostigmin bromidom i imali simptome slične blagom trovanju živčanim bojnim otrovima (86).

Zabilježeno je i trovanje djece atropinom iz automatskih injektora, a koji se rabi kao antidotna terapija protiv živčanih bojnih otrova (87).

Općenito su zaljevski ratovi za posljedicu imali neuobičajno velik broj psihičkih žrtava s posttraumatskim stresnim sindromom, i kod vojnika i kod civila, što se može pripisati strahu od potencijalne i stvarne prisutnosti oružja za masovno uništavanje (79-82, 88-90).

## ZAKLJUČAK

Oružja za masovno uništavanje najbolji su primjer uporabe tehnoloških dostignuća u štetne svrhe i protiv ljudske civilizacije. Njihova je uporaba zabranjena nizom međunarodnih konvencija i deklaracija koje nisu umanjile prijetnje i rizike. Osim suvremenog vojnika koji je u vojnim i mirovnim operacijama diljem svijeta izložen raznim noksima, nezaštićeno i uglavnom slabo educirano civilno stanovništvo može biti ugroženo terorističkim napadima.

Navedeni primjeri su pokazali da su (na sreću) teroristički napadi ovim oružjima vrlo zahtjevni zbog niza navedenih razloga, pa su možda zato i rijetki.

Oružja za masovno uništavanje i nokse imaju zajednički nazivnik djelovanja – poremećaj fiziološkog stanja organizma. Organizam na prisutnost bilo koje nokse na molekularnoj i staničnoj razini preko ekspresije i regulacije genske aktivnosti razvija iste obrambene mehanizme koji djeluju na uspostavljanje narušene biokemijske ravnoteže.

Poremećaji od noksa mogu nastati neposredno nakon izloženosti i naknadno. Odgođeni učinci ovih oružja i noksa najbolje se vide na veteranima nekih ratova, nastradalim civilima u terorističkim napadima

i vojnim operacijama. Neka od njih djeluju nakon 2, 5 ili 10 godina, uzrokuju pojavu većinom neizlječivih bolesti, a najčešće stradavaju jetra, bubrezi, imunosni, živčani i koštani sustav.

Alergije, neuropatije, autoimunosne bolesti, impotencija, kronične prehlade, boli u kostima i mišićima, pospanost itd., sve su to poremećaji koji su istraživanjem dovedeni u usku uzročno-posljedičnu vezu s ovim noksama. U konačnici, nastaju velike promjene u populaciji i okolišu koje se ne vide odmah zbog postupnih (*step by step*) događaja na molekularnoj razini, posebice pogađaju najosjetljivije (djecu), prenose pogreške na potomstvo i tako razaraju ljudsku populaciju. Stoga je u borbi protiv ove negativne socijalne pojave u svrhu povećanja svijesti o tom problemu i njegovu rješenju najučinkovitije oružje edukacija na svim razinama društva.

#### LITERATURA

1. North Atlantic Treaty Organisation (NATO). ATP 3.2 Land Operations; 2003.
2. Center for Disease Control and Prevention (CDC). Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR): Summary of notifiable diseases 1945-1994. MMWR 1994;43:70-8.
3. Center for Disease Control and Prevention (CDC). Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR): Bioterrorism alleging use of anthrax and interim guidelines for management - USA 1998. MMWR 1999;48:69-74.
4. WMD Commission. Weapons of Terror, Freeing the World of Nuclear, Biological and Chemical Arms. Stockholm: EO Graska; 2006.
5. Department of the Army. U.S. Army activity in the U.S. biological warfare programs. Vol II. Publication DTIC B193427L. Washington (DC): The Department; 1977.
6. Departments of the Army, Navy, and Air Force. NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations. Washington (DC): The Department; 1996.
7. Knight J, Check E. Anthrax case provokes doubt among experts. Nature 2002;418:808-9.
8. Eldridge J. Jane's Nuclear, Biological and Chemical Defence. 12<sup>th</sup> ed. Coulsdon, Surrey: Jane's Information Group Limited; 2002.
9. Eldridge J. International experts address CBW issues. U: Proceedings of 7<sup>th</sup> International CBW Protection Symposium. 15.-19. lipnja 2001. Stockholm, Švedska. Sažeci str. 57-9.
10. Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW). Report of the OPCW on the Implementation of the Convention on the Prohibition of the Development, Production, Stockpiling and use of Chemical Weapons and their Destruction in 2007 [pristup 9. ožujka 2010.]. Dostupno na <http://www.opcw.org>.
11. Ocean Dumping of Chemical Weapons [pristup 9. ožujka 2010.]. Dostupno na <http://www.noblis.org/MissionAreas/ncsi/BackgroundonChemicalWarfare/OceanDumpingofChemicalWeapons/Pages/default.aspx>.
12. United States General Accounting Office (GAO). Combating Terrorism - Need for Comprehensive Threat and Risk Assessments of Chemical and Biological Attacks. Report to Congressional Requesters 1999 [pristup 9. ožujka 2010.]. Dostupno na <http://biotech.law.lsu.edu/blaw/GAO/ns99163.pdf>.
13. Simon DJ. Biological terrorism. Preparing to meet the threat. JAMA 1997;278:428-30.
14. Myers D. Weapons of mass destruction and terrorism. Mental health consequences and implications for planning and training. 2001 [pristup 9. ožujka 2010.]. Dostupno na [http://www.icasf.org/articles/ Acrobat%20Documents/TerrorismIncident/WMD\\_Myers.pdf](http://www.icasf.org/articles/ Acrobat%20Documents/TerrorismIncident/WMD_Myers.pdf).
15. Schneider J. Bioterrorists beware: biotech is not your friend. Genomics & Proteomics 2006;6:10-4.
16. Fraser CM, Dando MR. Genomics and future biological weapons: the need for preventive action by the biomedical community. Nature Genetics 2001;29:253-6.
17. Cirincione J, Mathews JT, Perkovich G, Orton A; Carnegie Endowment for International Peace. WMD in Iraq: evidence and implications. Biosecurity & Bioterrorism 2004;2:51-5.
18. The NATO School NBC Defence Orientation Course (M3-70-A-05) Oberammergau. Low Level Radiation (LLR) Hazards, Depleted Uranium; 2005.
19. World Health Organization (WHO). Health Aspects of Chemical and Biological Weapons. 1. izd. Geneva: WHO; 1970.
20. Eifried G. Psychological effects of chemical and biological (CB) terrorism: lessons from the past. Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Congress on Chemical and Biological Terrorism "CBMTS-Industry II: Science, Medicine and Anti-Terrorism Measures". 22.-27. travnja 2001. Dubrovnik. Sažeci str. 146-8.
21. Oppenheimer A. Briefing Nuclear, Biological and Chemical Detection. Coulsdon, Surrey: Jane's Information Group Limited; 2004.
22. Vučemilović A. Patogena svojstva bakterija roda *Bacillus* u polimernom predivu korištenom kao sredstvo biološkog rata [disertacija]. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet; 2007.
23. Sidell FR, Takafuji ET, Franz DR, editors. Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare. Part I. Textbook of Military Medicine. Washington (DC): Department of the Army United States of America; 1997.
24. Layton J. Can people get poisoned by indirect exposure to polonium-210? [pristup 9. ožujka 2010.]. Dostupno na <http://science.howstuffworks.com/polonium-210.htm>.
25. Edwards R. Ex-spy's polonium poisoning suggests sophistication [pristup 9. ožujka 2010.]. Dostupno na <http://www.newscientist.com/article/dn10668-exspys-polonium-poisoning-suggests-sophistication.html>.
26. Duraković A. Medical effects of internal contamination with uranium. CMJ 1999;40:49-66.
27. Duraković A, Horan P, Dietz L. The quantitative analysis of depleted uranium isotopes in British, Canadian and United States Gulf War veterans. Mil Med 2002;167:620-7.
28. Payne DA, Petersen J. Rapid molecular testing for bioterrorism agents: Targets, tactics, and technology. J Clin Ligand Assay 2001;25:348-57.
29. Franz DR, Jahrling PB, Friedlander AM, McClain DJ, Hoover DL, Byrne WR. Clinical recognition and management of patients exposed to biological warfare agents. JAMA 1997;278:399-411.



30. Henderson DA. The looming threat of bioterrorism. *Science* 1999;283:1279-82.
31. Eitzen E, Pavlin J, Cieslak T, Christopher G, Culpepper R, urednici. *Medical Management of Biological Casualties Handbook*. 3<sup>rd</sup> ed. Fort Detrick, Frederick (MD): US Army Medical Research Institute of Infectious Diseases; 1998.
32. Hoffmaster AR, Fitzgerald CC, Ribot E, Mayer LW, Popovic T. Molecular subtyping of *Bacillus anthracis* and the 2001 bioterrorism-associated anthrax outbreak, United States. *Emerg Infect Dis* 2002;8:1111-6.
33. Hoffmaster AR, Ravel J, Rasko DA, Chapman GD, Chute MD, Marston CK, De BK, Sacchi CT, Fitzgerald C, Mayer LW, Maiden MCJ, Priest FG, Barker M, Jiang LX, Cer RZ, Rilstone J, Peterson SN, Weyant RS, Galloway DR, Read TD, Popovic T, Fraser CM. Identification of anthrax toxin genes in a *Bacillus cereus* associated with an illness resembling inhalation anthrax. *Proc Natl Acad Sci USA* 2004;101:8449-54.
34. Weis CP, Interpido AJ, Miller AK, Cowin PG, Durno MA, Gebhardt JS, Bull R. Secondary aerosolization of viable *Bacillus anthracis* spores in a contaminated US Senate Office. *JAMA* 2002;288:2853-8.
35. Higgins JA, Cooper M, Schroeder-Tucker L, Black S, Miller D, Karns JS, Manthey E, Breeze R, Perdue ML. A field investigation of *Bacillus anthracis* contamination of US Department of Agriculture and other Washington D.C., buildings during the anthrax attack of October 2001. *Appl Environ Microbiol* 2003;69:593-9.
36. Fasanella A, Losito S, Adone R, Ciuchini F, Trotta T, Altamura SA, Chiocco D, Ippolito G. PCR assay to detect *Bacillus anthracis* spores in heat-treated specimens. *J Clin Microbiol* 2003;41:896-9.
37. Jackson PJ, Hugh-Jones ME, Adair DM, Green G, Hill KK, Kuske CR, Grinberb LM, Abramova FA, Keim P. PCR analysis of tissue samples from the 1979 Sverdlovsk anthrax victims – the prasence of multiple *Bacillus anthracis* strains in different victims. *Proc Natl Acad Sci USA* 1998;95:1224-9.
38. Defence Intelligence Agency. Soviet Biological Warfare Threat, 1986 [pristup 9. ožujka 2010.]. Dostupno na <http://www.gwu.edu/~nsarchiv/NSAEBB/NSAEBB61/Sverd26.pdf>.
39. Meselson M, Gillemín J, Hugh-Jones ME, Langmuir A, Popova I, Shelokov A, Yampolskaya O. The Sverdlovsk anthrax outbreak of 1979. *Science* 1994;266:1202-8.
40. Török TJ, Tauxe RV, Wise RP, Livengood JR, Sokolow R, Mauvais S, Birkness KA, Skeels MR, Horan JM, Foster LR. A large community outbreak of salmonellosis caused by intentional contamination of restaurant salad bars. *JAMA* 1997;278:389-95.
41. Watson JD, Hopkins HN, Roberts JW, Steitz JA, Weiner AM. *Molecular Biology of Gene*. 4. izd. San Francisco (CA): Benjamin-Cummings Publishing Company, Inc.; 1987.
42. Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. 2. izd., New York (NY): Cold Spring Harbor Laboratory Press; 1989.
43. Somani SM. *Chemical Warfare Agents*. London: Academic Press; 1992.
44. Wang Y, Jing L, Xu K. A unique approach for high level expression and production of a recombinant cobra neurotoxin in *Escherichia coli*. *J Biotechnol* 2002;94:235-44.
45. Miller JH. *A Short Course in Bacterial Genetics: A Laboratory Manual for Escherichia coli and Related Bacteria*. New York (NY): Cold Spring Harbor Laboratory Press; 1992.
46. Abella CA, Ivanov VN, Kim IS. Number of triplets in 16S rRNA gene related with pathogenicity of *Bacillus spp.* and *Clostridium spp.* *J Theor Biol* 2000;205:581-6.
47. Cohan FM. What are bacterial species? *Ann Rev Microbiol* 2002;56:457-87.
48. Read TD, Peterson SN, Tourasse N, Baillie LW, Paulsen IT, Nelson KE, Tettelin H, Fouts DE, Eisen JA, Gill SR, Holtzapple EK, Okstad OA, Helgason E, Rilstone J, Wu M, Kolonay JF, Beanan MJ, Dodson RJ, Brinkac LM, Gwinn M, DeBoy RT, Madpu R, Daugherty SC, Durkin AS, Haft DH, Nelson WC, Peterson JD, Pop M, Khouri HM, Radune D, Benton JL, Mahamoud Y, Jiang L, Hance IR, Weidman JF, Berry KJ, Plaut RD, Wolf AM, Watkins KL, Niernan WC, Hazen A, Cline R, Redmond C, Thwaite JE, White O, Salzberg SL, Thomason B, Friedlander AM, Koehler TM, Hanna PC, Kolsto AB, Fraser CM. The genome sequence of *Bacillus anthracis* Ames and comparison to closely related bacteria. *Nature* 2003;423:81-6.
49. Altschul SF, Madden TL, Schäffer AA, Zhang J, Zhang Z, Miller W, Lipman DJ. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Res* 1997;25:3389-402.
50. Fasanella A, Losito S, Adone R, Ciuchini F, Trotta T, Altamura SA, Chiocco D, Ippolito G. PCR Assay to detect *Bacillus anthracis* spores in heat-treated specimens. *J Clin Microbiol* 2003;41:896-9.
51. Ellerbrok H, Nattermann H, Ozel M, Beutin L, Appel B, Pauli G. Rapid and sensitive identification of pathogenic and apathogenic *Bacillus anthracis* by RT-PCR. *FEMS Microbiol Lett* 2002;214:51-9.
52. Welkos SL, Lowe JR, Eden-McCutchan F, Vodkin M, Leppla SH, Schmidt JJ. Sequence and analysis of the DNA encoding protective antigen of *Bacillus anthracis*. *Gene* 1988;69:287-300.
53. Zhang Z, Wilson RC, Fox GE. Identification of characteristic oligonucleotides in the bacterial 16S ribosomal RNA sequence dataset. *Bioinformatics* 2002;18:244-50.
54. Ivnitski D, O'Neil DJ, Gattuso A, Schlicht R, Calidonna M, Fisher R. Nucleic acid approaches for detection and identification of biological warfare and infectious disease agents. *Biotechniques* 2003;35:862-9.
55. Blackwood KS, Turenne CY, Harmsen D, Kabani AM. Reassessment of sequence-based targets for identification of *Bacillus* species. *J Clin Microbiol* 2004;42:1626-30.
56. Bruno WJ, Succi ND, Halpern AL. Weighted neighbor joining: a likelihood-based approach to distance-based phylogeny reconstruction. *Mol Biol Evol* 2000;17:189-97.
57. Goto K, Omura T, Hara Y, Sadaie Y. Application of the partial 16S rDNA sequence as an index for rapid identification of species in the genus *Bacillus*. *J Gen Appl Microbiol* 2000;46:1-8.
58. Sacchi CT, Whitney AM, Mayer LW, Morey R, Steigerwalt A, Boras A. Sequencing of 16S rRNA gene: a rapid tool for identification of *Bacillus anthracis*. *Emerg Infect Dis* 2002;8:202-4.
59. Woese CR, Magrun LJ, Gupta R, Siegel RB, Stahl DA, Kop J, Crawford J, Brosius J, Gutell R, Hogan JJ, Noller HF. Secondary structure model for bacterial 16S ribosomal RNA: phylogenetic, enzymatic and chemical evidence. *Nucleic Acids Res* 1980;8:2275-93.



60. Vučemilović A, Petranović M, Popović Hadžija M, Korolija M, Zahradka K, Hadžija M. Application of 16S ribosomal RNA sequence in the identification of laboratory strains of *Bacillus* species in the warfare polymer fibre. U: 4<sup>th</sup> Croatian Congress of Microbiology with International Participation; 24.-28. studeni 2008. Zadar. Sažeci str. 92.
61. Bavykin SG, Lysov YP, Zakhariev V, Kelly JJ, Jackman J, Stahl DA, Cherni A. Use of 16S rRNA, 23S rRNA, and *gyrB* gene sequence analysis to determine phylogenetic relationships of *Bacillus cereus* group microorganisms. J Clin Microbiol 2004;42:3711-30.
62. Felig P, Baxter JD, Frohman LA. Endocrinology and Metabolism. 3. izd. New York (NY): McGraw - Hill, Inc.; 1995.
63. Enserink M. Did bioweapons test cause a deadly smallpox outbreak. Nature 2002;296:2116-7.
64. Halloran E, Longini M, Nizam N, Yang Y. Containing bioterrorist smallpox. Science 2002;298:1428-32.
65. Furić K, Hadžija M, Pepeljnjak S. Preliminarno izvješće za VTS MORH-a o primjeni umjetne paučine nad RH u razdoblju od 1991. do 1994. god. Interni dokument. Zagreb: Institut "Ruđer Bošković"; 1994.
66. Furić K, Ivanda M, Kučar-Kopić I, Mohaček V. Remarkable increase of organic particles in the atmosphere above Croatia. Spectrochim Acta 1994;50A:449-62.
67. Hadžija M, Furić K, Petranović M, Subotić B, Pepeljnjak S, Vučemilović A. Managing of chemical and biological agents. U: Technical Program CBMTS – Industry II. First World Congress on Chemical and Biological Terrorism. 21.-27. travnja 2001. Dubrovnik. 2001. str. 71.
68. Vučemilović A. Učinci zeolita na nokse [magistarski rad]. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; 2001.
69. Odluka o proglašenju Zakona o potvrđivanju Konvencije o zabrani razvijanja, proizvodnje, gomilanja i korištenja kemijskog oružja i o njegovu uništenju. Narodne novine 4/1995.
70. Marrs TC, Maynard RL, Sidell FR. Chemical Warfare Agents. Toxicology and Treatment. New York (NY): Wiley & Sons; 1996.
71. Okumura T, Hisaoka T, Yamada A, Naito T, Isonuma H, Okumura S, Miura K, Sakurada M, Maekawa H, Ishimatsu S. The Tokyo subway sarin attack - lessons learned. Toxicol Appl Pharmacol 2005;207(Suppl 2):471-6.
72. Nagao M, Takatori T, Matsuda Y, Nakajima M, Iwase H, Iwade K. Definitive Evidence for the acute sarin poisoning diagnosis in the Tokyo subway. Toxicol Appl Pharmacol 1997;144:198-203.
73. Miyaki K, Nishiwaki Y, Maekawa K, Ogawa Y, Asukai N, Yoshimura K, Etoh N, Matsumoto Y, Kikuchi Y, Kumagai N, Omae K. Effects of sarin on the nervous system of subway workers seven years after Tokyo subway sarin attack. J Occup Health 2005;47:299-304.
74. Sapolsky RM. The stress of Gulf War syndrome. Nature 1998;393:308-9.
75. Khateri S. Statistical views on late complications of chemical weapons in Iranian C.W. victims. U: Proceedings CBMTS – Industry II. The First World Congress on Chemical and Biological Terrorism; 21.-27. travnja 2001. Dubrovnik. 2001. str. 529-35.
76. Yang YC, Baker JA, Ward JR. Decontamination of chemical warfare agents. Chem Rev 1992;92:1729-43.
77. Vučemilović A, Hadžija M, Jukić I. Efficacy of mineral cationic carrier against sulfur mustard in skin decontamination. Arh Hig Rada Toksikol 2008;59:289-93.
78. Spertzel RO, Wannemacher RW, Patrick WC, Linden CD, Franz DR. Technical ramifications of inclusion of toxins in the chemical weapons convention (CWC). Technical report no. MR-43-92-1. Fort Detrick, Frederic (MD): U.S. Army Medical Research Institute of Infectious Diseases; 1992.
79. Kanaar R, Hoeijmakers J. From competition to collaboration. Nature 1998;391:335-8.
80. Wadman M. US panel draws blank on Gulf War symptoms. Nature 2000;407:121.
81. Butler D. Admission on Gulf War vaccines spurs debate on medical records. Nature 1997;390:3-4.
82. Wadman M. US claims of "no chemical links" to Gulf War illnesses under fire. Nature 1997;385:187.
83. Storzbach D, Rohlman DS, Anger WK, Binder LM, Campbell KA. Neurobehavioral deficits in Persian Gulf veterans: Additional evidence from a population-based study. Environ Res 2001;85:1-13.
84. Ferenčik M. Handbook of Immunochemistry. London: Chapman & Hall; 1993.
85. O'Brien C. Britain launches two studies of Gulf War syndrome. Nature 1996;384:604.
86. Almog S, Winkler E, Amitai Y, Dani S, Shefi M, Tirosh M, Shemer J. Acute pyridostigmine overdose: a report of nine cases. U: Danon YL, Shemer J, urednici. Chemical warfare medicine. Aspects and perspectives from the Persian Gulf War. Jerusalem: Gefen Publishing House Ltd.; 1994. str. 113-7.
87. Amitai Y, Almog S, Singer R, Hammer R, Bentur Y, Danon YL. Atropine poisoning in children during the Persian Gulf Crisis: a national survey in Israel. U: Danon YL, Shemer J, urednici. Chemical warfare medicine. Aspects and perspectives from the Persian Gulf War. Jerusalem: Gefen Publishing House Ltd.; 1994. str. 99-105.
88. Bleich A, Kron S, Margalit C, Inbar G, Kaplan Z, Cooper S, Solomon Z. Israeli psychological casualties of the Persian Gulf War: characteristics, therapy and selected issues. U: Danon YL, Shemer J, urednici. Chemical warfare medicine. Aspects and perspectives from the Persian Gulf War. Jerusalem: Gefen Publishing House Ltd.; 1994. str. 210-5.
89. Kaplan Z, Singer Y, Lichtenberg P. Post-traumatic stress disorder in Israel during the Gulf War. U: Danon YL, Shemer J, urednici. Chemical warfare medicine. Aspects and perspectives from the Persian Gulf War. Jerusalem: Gefen Publishing House Ltd.; 1994. str. 191-6.
90. Solomon Z, Margalit C, Waysman M, Bleich A. In the shadow of the Gulf War: psychological distress, social support and coping among Israeli soldiers in a high risk area. U: Danon YL, Shemer J, urednici. Chemical warfare medicine. Aspects and perspectives from the Persian Gulf War. Jerusalem: Gefen Publishing House Ltd.; 1994. str. 197-209.

### Summary

#### TOXICOLOGICAL EFFECTS OF WEAPONS OF MASS DESTRUCTION AND NOXIOUS AGENTS IN MODERN WARFARE AND TERRORISM

Weapons of mass destruction (WMD) best portray the twisted use of technological achievements against the human species. Despite arm control efforts, WMD threat continues to exist and even proliferate. This in turn calls for improvement in defensive measures against this threat. The modern soldier is exposed to a number of chemical, biological, and radiological agents in military and peace operations, while civilians are mainly exposed to terrorist attacks. Regardless of origin or mode of action, WMDs and other noxious agents aim for the same – to make an organism dysfunctional. Because their effects are often delayed, these agents are hard to spot on time and treat.

This review presents a biomedical aspect of agents used in warfare and terrorism, including polonium-210, depleted uranium, salmonella, anthrax, genetically modified bacteria, cobweb-like polymer fibre, sarin, and mustard gas.

**KEY WORDS:** *anthrax, biomedicine, cobweb-like polymer fibre, depleted uranium, genetically modified bacteria, military operations, mustard gas, polonium-210, salmonella, sarin*

#### CORRESPONDING AUTHOR:

dr. sc. Ante Vučemilović  
Ministarstvo obrane  
Institut za istraživanje i razvoj obrambenih sustava  
Stančićeva 4, 10000 Zagreb, Hrvatska  
E-mail: [ante.vucemilovic@inet.hr](mailto:ante.vucemilovic@inet.hr)